

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра «Мікро- та наноелектроніка»
(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Перший проректор
Прушківський В.Г.

В.Г. Прушківський 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ППВ 03 Сучасні напрямки нанотехнологій
(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Телемедичні та біомедичні системи
(назва освітньої програми (спеціалізації))

інститут Інформатики та радіоелектроніки
(найменування інституту)

факультет Радіоелектроніки та телекомунікацій
(найменування факультету)

мова навчання Українська

2020 рік

Робоча програма **„Сучасні напрямки нанотехнологій“** для студентів
(назва навчальної дисципліни)
 за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка», освітня програма «Телемедичні та біомедичні системи».
 „26” 02 20 20 року – 14 с.

Розробники: Погосов Валентин Вальтерович, завідувач кафедри мікро- та наноелектроніки, д-р фіз.-матем. наук, професор
 Коротун Андрій Віталійович, доцент кафедри мікро- та наноелектроніки, канд. фіз.-матем. наук

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри мікро- та наноелектроніки

Протокол від. “26” 02 2020 року № 8

Завідувач кафедри

мікро- та наноелектроніки


 (підпис) (В. В. Погосов)
 (прізвище та ініціали)

“26” 02 2020 року

Схвалено навчально-методичною комісією факультету радіоелектроніки і телекомунікацій за спеціальністю 172 „Телекомунікації та радіотехніка“,
(шифр, назва)

освітня програма: „Телемедичні та біомедичні системи“,

Протокол від. “27” 02 2020 року № 6

“28” 02 2020 року

Голова


 (підпис) (В. С. Кабак)
 (прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми „Телемедичні та біомедичні системи“

«28» 02 2020 року

Керівник групи


 (підпис) (С.В. Морщавка)
 (прізвище та ініціали)

© НУ «ЗП», 20 20 рік
 © Погосов В. В., 20 20 рік
 © Коротун А. В., 20 20 рік

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань <u>17 «Електроніка та телекомунікації»</u> (шифр і назва)	вибіркова	
	Спеціальність <u>172 «Телекомунікації та радіотехніка»</u> (код і назва)		
Модулів – 2	Освітня програма <u>«Телемедичні та біомедичні системи»</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин – 90		2-й	2-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 4	Освітній ступінь: другій (магістерський)	15 год.	4 год.
		Практичні, семінарські	
		—	—
		Лабораторні	
		15 год.	2 год.
		Самостійна робота	
		60 год.	84 год.
Індивідуальні завдання:			
—			
Вид контролю: залік			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 30 год. до 60 год.

для заочної форми навчання – 6 год. до 84 год.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу:

- ❖ сформувані у студентів уявлення про розроблені на сьогодні технологічні процеси отримання нанорозмірних об'єктів, формування та виготовлення структур, пристроїв і для застосування у біології та медицині, фізичних принципах їх роботи, а також їх можливостях та обмеженнях у застосуванні;
- ❖ засвоєння фізичних основ і методів нанобіотехнологій на рівні, достатньому для подальшого самостійного удосконалення в одному з напрямків даної наукової дисципліни.

Основними задачами дисципліни є:

- ✓ огляд основних тенденцій розвитку нанотехнологій у світі;
- ✓ вивчення теоретичних основ формування об'єктів, пристроїв та приладів для нанобіології та наномедицини;
- ✓ отримання знань про сучасний рівень розвитку нанотехнологій в цілому;
- ✓ отримання знань про технології виготовлення та виробництва сучасних приладів біологічного та медичного призначення;
- ✓ вивчення основних понять і явищ нанобіології, а також сучасних уявлень про основні фізико-математичні моделі, що лежать в основі нанобіологічних процесів;
- ✓ ознайомлення з сучасними досягненнями зі створення і застосування нанобіології та наномедичних приладів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати

– загальні компетентності:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК6. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК8. Здатність вільно володіти державною та спілкуватися іноземною мовою.

ЗК10. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК11. Здатність працювати як автономно, так і в команді.

Здатність генерувати нові ідеї (креативність), самостійно здобувати за допомогою інформаційних технологій і використовувати в практичній діяльності нові знання і вміння, в тому числі в нових галузях знань, безпосередньо не пов'язаних зі сферою діяльності.

– фахові компетентності:

КС4. Здатність здійснення вибору і підготовки біосумісних матеріалів відповідно до умов їх експлуатації, планування і розробки експерименту, обмін знаннями і взаємодія в групі з інженерно-технічним та медичним персоналом.

Здатність оцінювати рівень існуючих технологій у галузі професійної діяльності, ефективність технічних рішень та можливість виникнення об'єктів права інтелектуальної власності, відшукувати шляхи та можливості реалізації наукових ідей у прибуткових бізнес-проектах та стартапах.

Здатність використовувати інформаційні технології, методи інтелектуалізації та візуалізації, штучного інтелекту, хмарних розрахунків для дослідження та аналізу процесів у теле- та біомедичних системах.

Здатність використовувати типові та розробляти власні програмні продукти, орієнтовані на розв'язок задач проектування та розрахунку складових частин теле- та біомедичних систем для оптимізації структури та конструкції досліджуваних об'єктів, підготовки необхідної технологічної документації.

Здатність обирати оптимальні методи досліджень, модифікувати та адаптувати існуючі, розробляти нові методи досліджень відповідно до існуючих технічних засобів та формувати методикку обробки результатів досліджень.

– очікувані програмні результати навчання:

PH15. Знати фізико-механічні властивості біоматеріалів та методи управління їх структурою і властивостями, термінологію, основні поняття і визначення матеріалознавства, фізичні основи перспективних технологій, включаючи нанотехнології, методи аналізу і дослідження біосумісності. Вміти проводити основні фізико-механічні випробування біоматеріалів, знати можливості використання лабораторного обладнання та аналізувати результати досліджень.

мати уявлення про:

- ❖ сучасні тенденції розвитку нанобіотехнологічних систем для створення структур і пристроїв з покращеними фізико-технічними характеристиками;
- ❖ основні методи побудови біонанотехнологічних систем і приладів нанобіології та наномедицини;

знати:

- ❖ основи фізичної хімії, квантової механіки і фізики твердого тіла, що визначають специфічні властивості об'єктів наносвіту;
- ❖ види і властивості нанооб'єктів і наноматеріалів, характеристики фізико-хімічних процесів їх синтезу і методи їх дослідження;
- ❖ основні ефекти, що виникають у біонанотехнологічних системах;
- ❖ фізичну і хімічну сутність процесів та явищ, що протікають у біонанотехнологічних системах;

вміти:

- ❖ правильно використовувати закономірності для реалізації потенціальних можливостей матеріалів при проектуванні і створенні біонанотехнологічних систем;
- ❖ використовувати математичний апарат квантової теорії при розробці біонанотехнологічних систем;
- ❖ проводити оціночні розрахунки, пов'язані з вибором режимів нанотехнологічних операцій, та інтерпретувати їх результати;
- ❖ використовувати одержані знання для використання спеціальної літератури та критичного засвоєння отриманої інформації.

набути досвід діяльності:

- ❖ самостійної роботи з навчальною і науковою літературою;
- ❖ з використання базових теоретичних знань у галузі природничих наук при розв'язанні професійних задач;
- ❖ із саморозвитку в галузі професійної діяльності.

2. Програма навчальної дисципліни**Змістовий модуль 1. Фізичні основи нанобіотехнологій****Вступ.**

Нанооб'єкти, нанонаука та нанотехнології. Історія розвитку нанотехнологій. Стан сучасних нанотехнологій. Перспективи використання нанотехнологій.

Тема 1. Наноматеріали і нанотехнології.

Загальна характеристика і класифікація наноматеріалів. Функціональні матеріали. Полімерні, біологічні та біосумісні матеріали.

Наноструктури, нанотехнології та біосфера. Соціально-економічні та гуманітарні аспекти розвитку нанотехнологій.

Тема 2. Елементи нанобіології.

Нанобіологія, біоміметика та природні наноструктури.

Еволюційна специфіка будови природних біонаномашин. Еволюційний та інженерний підходи до створення біонаномашин. Приклади природних біонаномашин.

Біологічні системи різного рівня організації.

Тема 3. Самоасемблювання і самоорганізація.

Принципи самоасемблювання біооб'єктів. Принцип молекулярного впізнавання при формуванні структури біооб'єктів. Приклади реалізації молекулярного впізнавання при формуванні біоструктур.

Роль симетрії при самоасемблюванні.

Змістовий модуль 2. Практичне використання нанобіотехнологій**Тема 4. Нанобіофізичні методи дослідження біонаноструктур.**

Використання фулеренів і нанотрубок.

Атомно-силова мікроскопія. Використання кантилеверів.

Тема 5. Біомолекулярна сенсорика та самореєлікація.

Нанобіофізичні принципи біомолекулярної сенсорики.

Самореєлікація у біонанотехнології. Машинна фаза речовини.

Тема 6. Наномедицина.

Наномедична таксономія. Основні напрямки розвитку наномедицини.
Нанодіагностика.

Молекулярні біонаносенсори та аналітичні мікролабораторії.

Магнітна гіпертермія.

Медична нанотехніка.

Тема 7. Нанофармація.

Фармацевтичні основи розробки нанопрепаратів. Фармацевтичні та фармакологічні властивості наночастинок.

Допоміжні речовини у розробці нанопрепаратів.

Адресна доставка ліків

Невизначеності, ризики і заходи безпеки.

Тема 8. Біомедичні застосування наноплазмоніки.

Терапія та візуалізація пухлин за допомогою наночастинок.

Біосенсори на поверхневих локалізованих плазмонах. Спектроскопія окремих плазмонних НЧ

3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Фізичні основи нанобіотехнологій												
<u>Вступ.</u>	2,5	0,5				2	4					4
<u>Тема 1.</u> <i>Наноматеріали і нанотехнології.</i>	13,5	1,5	4			8	11	0,5	0,5			10
<u>Тема 2.</u> <i>Елементи нанобіології.</i>	14	2	2			10	13	0,5	0,5			12
<u>Тема 3.</u> <i>Самоасемблювання і самоорганізація.</i>	14	2	2			10	14,5	0,5				14
Разом за змістовим модулем 1	44	6	8			30	42,5	1,5	1			40

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 2. Практичне використання нанобіотехнологій												
<u>Тема 4. Нанобіофізичні методи дослідження біонаноструктур.</u>	10	2	2			6	7	0,5	0,5			6
<u>Тема 5. Біомолекулярна сенсорика та самореplikація.</u>	12	2	2			8	13	0,5	0,5			12
<u>Тема 6. Наномедицина.</u>	10	2	2			6	12,5	0,5				12
<u>Тема 7. Нанофармація.</u>	9	1				8	10,5	0,5				10
<u>Тема 8. Біомедичні застосування наноплазмоніки.</u>	5	1				4	4,5	0,5				4
Разом за змістовим модулем 2	46	8	6			32	47,5	2,5	1			44
Усього годин	90	14	14			62	90	4	2			84
Модуль 2												
ІНДЗ			-	-		-			-	-	-	
Усього годин	90	14	14			62	90	4	2			84

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
	_____	_____	_____

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
	_____	_____	_____

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	_____	_____

		денна	заочна
1.	Наноматеріали і нанотехнології.	<u>4</u>	<u>0,5</u>
2.	Елементи нанобіології.	<u>2</u>	<u>0,5</u>
3.	Самоасемблювання і самоорганізація.	<u>2</u>	<u>0,5</u>
4.	Нанобіофізичні методи дослідження біонаноструктур	<u>2</u>	<u>0,5</u>
5.	Біомолекулярна сенсорика та самореplikація.	<u>2</u>	
6.	Біомедичні застосування наноплазмоніки.	<u>2</u>	
...	Разом:	<u>14</u>	<u>2</u>

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Вступ.	<u>2</u>	<u>4</u>
2.	Наноматеріали і нанотехнології.	<u>8</u>	<u>10</u>
3.	Елементи нанобіології.	<u>10</u>	<u>12</u>
4.	Самоасемблювання і самоорганізація.	<u>10</u>	<u>14</u>
5.	Нанобіофізичні методи дослідження біонаноструктур	<u>6</u>	<u>6</u>
6.	Біомолекулярна сенсорика та самореplikація.	<u>8</u>	<u>12</u>
7.	Наномедицина.	<u>6</u>	<u>12</u>
8.	Нанофармація.	<u>8</u>	<u>10</u>
9.	Біомедичні застосування наноплазмоніки.	<u>4</u>	<u>4</u>
...	Разом:	<u>62</u>	<u>84</u>

8. Індивідуальні завдання для самостійної роботи

Студенти денної форми навчання готують два індивідуальних домашніх завдання у вигляді розв'язаних задач. Максимальна оцінка індивідуального завдання складає 15 балів.

Для студентів заочної форми навчання передбачена *контрольна робота*.

9. Методи навчання

Метод навчання – спосіб подання інформації студентові в ході його пізнавальної діяльності, реалізований через дії, які зв'язують викладача і студента.

1. Пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний. Назва походить від двох слів: інформація й рецепція (сприйняття). Студенти одержують знання на лекції, з навчальної або методичної літератури, через елек-

тронний посібник в "готовому" вигляді. Студенти сприймають і осмислюють факти, оцінки, висновки й залишаються в рамках репродуктивного (відтворюючого) мислення. Цей метод широко застосовується для передачі великого масиву інформації. Інформаційно-рецептивний метод сам по собі не формує в студента умінь і навичок використання отриманих знань і не гарантує їх свідомого й міцного запам'ятовування.

2. Репродуктивний метод (репродукція - відтворення). Застосування вивченого на основі прикладу або правила. Діяльність студентів носить алгоритмічний характер, тобто виконується за інструкціями, приписами, правилами в аналогічних та подібних з наведеним прикладом ситуаціях. Організовується діяльність студентів за кількаразовим відтворенням знань, що потрібно засвоїти. Для цього використовуються різноманітні вправи, лабораторні, практичні роботи, програмований контроль, різні форми самоконтролю. Застосовується у взаємозв'язку з інформаційно-рецептивним методом (який передує репродуктивному). Разом вони сприяють формуванню знань, навичок і вмінь в студентів, формують основні розумові операції (аналіз, синтез, узагальнення, перенос, класифікація). Не гарантує розвитку творчих здібностей студентів.

3. Метод проблемного викладу. Викладач до викладу основного матеріалу ставить проблему, формулює пізнавальне завдання на основі різних джерел і засобів, показує спосіб розв'язку поставленого завдання. Спосіб досягнення мети – розкриття системи доказів, порівняння точок зору, різних підходів. Студенти стають свідками й співучасниками наукового пошуку. Студенти не тільки сприймають, усвідомлюють і запам'ятовують готову інформацію, але й стежать за логікою доказів, за рухом думки викладача.

4. Частково-пошуковий, або евристичний, метод. Полягає в організації активного пошуку розв'язання висунутих під час навчання (або сформульованих самостійно) пізнавальних завдань. Пошук розв'язання відбувається під керівництвом викладача, або на основі евристичних програм і вказівок. Процес мислення здобуває продуктивний характер. Процес мислення поетапно спрямовується й контролюється викладачем або самими студентами під час роботи над програмами (у тому числі й комп'ютерними) і навчальними посібниками. Метод дозволяє активізувати мислення, викликати зацікавленість до пізнання на семінарах і колоквиумах.

5. Дослідницький метод. Проводиться аналіз матеріалу, піднімаються проблеми, ставляться завдання, проводиться короткий усний або письмовий інструктаж студентів. Студенти самостійно вивчають літературу, джерела, ведуть спостереження й виміри та виконують інші дії пошукового характеру. Завдання, які виконуються з використанням дослідницького методу, повинні містити в собі всі елементи самостійного дослідницького процесу (постановку завдання, обґрунтування, припущення, пошук відповідних джерел необхідної інформації, процес рішення завдання). У цьому методі найбільш повно виявляються ініціатива, самостійність, творчий пошук у дослідницькій діяльності. Навчальна робота безпосередньо переростає в наукове дослідження.

Методи, що використовуються під час вивчення даної дисципліни можна також класифікувати за джерелом передачі змісту:

- ❖ *Словесні*: джерелом знання є усне або друковане слово (розповідь, бесіда, інструктаж тощо).
- ❖ *Практичні методи*: студенти одержують знання й уміння, виконуючи практичні дії.
- ❖ *Наочні методи*: джерелом знань є спостережувані предмети, явища, наочні приклади.

10. Очікувані результати навчання з дисципліни

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **мати уявлення про:**

- ❖ сучасні тенденції розвитку систем фотоніки для створення структур і пристроїв з покращеними фізико-технічними характеристиками;
- ❖ основні методи побудови оптоелектронних систем і приладів фотоніки;

знати:

- ❖ основи фізичної хімії, квантової механіки і фізики твердого тіла, що визначають специфічні властивості об'єктів наносвіту;
- ❖ види і властивості нанооб'єктів і наноматеріалів, характеристики фізико-хімічних процесів їх синтезу і методи їх дослідження;
- ❖ основні ефекти, що виникають у системах фотоніки та кооперативні явища на їх основі;
- ❖ фізичну і хімічну сутність процесів та явищ, що протікають у системах фотоніки

вміти:

- ❖ правильно використовувати закономірності для реалізації потенціальних можливостей матеріалів при проектуванні і створенні систем фотоніки;
- ❖ використовувати математичний апарат теорії квантової оптики при розробці систем фотоніки.
- ❖ проводити оціночні розрахунки, пов'язані з вибором режимів нанотехнологічних операцій, та інтерпретувати їх результати;
- ❖ використовувати одержані знання для використання спеціальної літератури та критичного засвоєння отриманої інформації.

набути досвід діяльності:

- ❖ самостійної роботи з навчальною і науковою літературою;
- ❖ з використання базових теоретичних знань у галузі природничих наук при розв'язанні професійних задач;
- ❖ із саморозвитку в галузі професійної діяльності.

11. Засоби оцінювання

Оцінювання навчальних успіхів студентів реалізується шляхом проведення поточного та підсумкового контролю успішності.

Для студентів денної форми навчання:

1. Курсом передбачені *практичні заняття*. Враховуючи активність студента на практичних заняттях та результати аудиторних контрольних робіт студент може отримати в кожному модулі максимально 25 балів.

2. За індивідуальне завдання, яке включає в себе *розв'язок та захист набору задач за варіантами*, студент може отримати в кожному модулі максимально 15 балів, за умови демонстрації високого рівня знань, а також творчої, розумової, нерепродуктивної діяльності під час застосування теоретичних знань на практиці.

3. По закінченню першого і другого напівсеместру проводиться рубіжні контролю у вигляді *аудиторної модульної контрольної роботи*. Максимальна рейтингова оцінка цих видів контролю – 60 балів.

4. За підсумками першого та другого рубіжного модульного контролю студенту формується *підсумкова залікова оцінка*. Якщо студент не отримав залік за поточними результатами, залік виставляється за результатом виконання ним *залікової контрольної роботи або підсумкової співбесіди*.

12. Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота								Підсумкова
Змістовий модуль №1				Змістовий модуль № 2				
ЛР	ІДЗ	МК	Σ	ПЗ	ІДЗ	МК	Σ	
40	20	40	100	40	20	40	100	100

ЛР – лабораторні роботи; ІДЗ – індивідуальне домашнє завдання; МК – аудиторна модульна контрольна робота.

Отже, сумарна кількість балів, яку отримує студент впродовж семестру, складає 100. В залежності від отриманої суми балів до залікової відомості та в залікову книжку виставляється оцінка згідно національної шкали.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	

74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13. Методичне забезпечення

1. **Коротун, А. В.** Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни „Сучасні напрямки нанотехнологій“ для студентів спеціальностей: 152 „Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка“ (освітня програма „Якість, стандартизація та сертифікація“); 153 „Мікро- та наносистемна техніка“ (освітня програма „Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої“); 172 „Телекомунікації та радіотехніка“ (освітні програми: „Радіоелектронні апарати та засоби“, „Радіотехніка“, „Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки“, „Інформаційні мережі зв'язку“) денної й заочної форм навчання [Текст] / А. В. Коротун, Я. В. Карандась, В. П. Курбацький, В. В. Погосов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 70 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. **Погосов, В. В.** Нанофізика і нанотехнології [Текст] / В. В. Погосов, Ю. А. Куницький, А. В. Бабіч, А. В. Коротун, А. П. Шпак. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 384 с.
2. **Коротун, А. В.** Нарис сучасних напрямків у нанотехнологіях [Текст] / А. В. Коротун, Я. В. Карандась, В. В. Погосов. – Ужгород: ФОП Сабов А.М., 2019. – 392 с.
3. **Боровий, М. О.** Наноматеріали, нанотехнології, нанопристрої [Текст] / М. О. Боровий, Ю. А. Куницький, О. О. Каленик, І. В. Овсієнко, Т. Л. Цареградська. – К.: Інтерсервіс, 2015. – 350 с.
4. **Головин, Ю. И.** Основы нанотехнологий [Текст] / Ю. И. Головин. – М.: Машиностроение, 2012. – 656 с.
5. **Заячук, Д. М.** Нанотехнології і наноструктури [Текст] / Д. М. Заячук. – Львів: Львівська політехніка, 2009. – 580 с.
6. Субмікронні та нанорозмірні структури електроніки [Текст] / З. Ю. Готра, І. І. Григорчак, Б. А. Лукіянець, В. П. Махній, С. В. Павлов, Л. Ф. Політанський, Ежи Потенські; За ред. З. Ю. Готри. – Чернівці: Технологічний Центр, 2014. – 839 с.

7. **Старостин, В. В.** Материалы и методы нанотехнологий [Текст] / В. В. Старостин. – М.: Бином, 2010. – 431 с.
8. **Драгунов, В. П.** Наноструктуры: физика, технология, применение [Текст] / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный. – Новосибирск: НГТУ, 2008. – 356 с.
9. **Зайцев, Д. Ф.** Нанопотоника и ее применение [Текст] / Д. Ф. Зайцев. – М.: АКТЕОН, 2011. – 427 с.

Допоміжна

1. **Таланов, В. М.** Основы нанохимии и нанотехнологий [Текст] / В. М. Таланов, Г. П. Ерейская. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2014. – 524 с.
2. **Мартинес-Дуарт, Дж. М.** Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники [Текст] / Дж. М. Мартинес-Дуарт, Р. Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло-Руеда. – М.: Техносфера, 2007. – 368 с.
3. **Назаров, О. М.** Наноструктури та нанотехнології [Текст] / О. М. Назаров, М. М. Нищенко. – К.: НАУ, 2010. – 256 с.
4. Нанотехнологии в электронике [Текст] / Под ред. Ю. А. Чаплыгина. – М.: Техносфера, 2005. – 448 с.

15. Інформаційні ресурси

1. **Погосов, В.В.** Основы нанопізики і нанотехнологій [Електронний ресурс] / В. В. Погосов, Г. В. Корніч, Є. В. Васютін, К. В. Пугіна, В. І. Кіпріч. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – 630 с. – Режим доступу:
<http://www.zntu.edu.ua/base/persons/51.htm>.
2. Сайт нанотехнологічної спілки „Нанометр“:
Режим доступу:
<http://www.nanometer.ru>